

УДК 556.552

Анахов П. В.

Державний університет телекомунікацій, м. Київ

Анахов С. П.

Центральний державний архів зарубіжної україніки, м. Київ

ВОДНИЙ БАЛАНС ВОДОСХОВИЩ ЗМІННОЇ МІСТКОСТІ

Ключові слова: місткість водосховища; об'єм водосховища; чутливість водосховища до повені.

Вступ. Співвідношення прибутку/витрат води у водосховищі, яке визначають зовнішні умови варіацій водного балансу, описується рівнянням виду [1]:

$$Q_{in} - Q_{out} = \Delta V, \quad (1)$$

де Q_{in} , Q_{out} – прибуткова і витратна частини, відповідно; V – накопичений об'єм води.

Внутрішні умови варіацій залишаються поза увагою теорії. Проте, вони мають місце і зміст їх визначають зміни місткості водосховища протягом експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Місткості водосховищ невпинно зменшуються через накопичення в них намулу. Він прибуває разом з рідким стоком річок і струмків, що живлять водосховище, а також твердого матеріалу, що потрапляє у водойму в результаті переробки берегів, життєдіяльності біонтів, вітрового перенесення пилу з прилеглих ділянок суші [2].

На рис. 1 показано динаміку втрат місткості водосховища Мід, спорудженого на р. Колорадо, США, через намул, що був накопичений за період з 1935 до 2002 року (при місткості водосховища за проектом 37,6 км³).

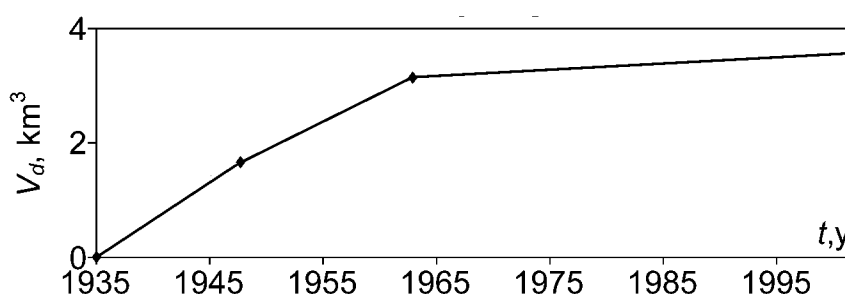


Рис. 1. Втрата місткості водосховища Мід через намул, накопичений за період з 1935 до 2002 року [3]

Станом на 1970 рік місткість Терезлянського (Вільшанського) водосховища, спорудженого на р. Терезля, становила 23,4 млн. м³. За період експлуатації накопичилося 5,43 млн. м³ намулу (при місткості водосховища у 1986 році 20,4

млн. м³). На рис. 2 показано динаміку змін місткості Терезляньського водосховища за період з 1986 до 2009 року.

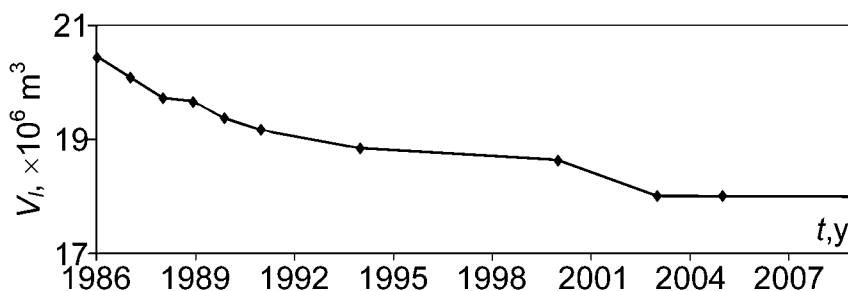


Рис. 2. Зменшення місткості Терезляньського водосховища через намул за період з 1986 до 2009 року [4]

Визначено, що в результаті зменшення місткості знижується можливість водосховища регулювати витрати [5].

Справедливості заради відмітимо, що процес замулення водосховищ також включає і частковий винос намулу у нижній б'єф (витрати) [5].

Для безперебійного забезпечення схову води застосовують технології збільшення місткостей. До них віднесемо, в першу чергу, наступні:

- вилучення намулу шляхом промивання крізь нижні отвори греблі або за допомогою земснарядів [5];
- створення підпору природних озер (наприклад, озера Вікторії в Кенії-Танзанії-Уганді [4]);
- нарощування діючого підпору (наприклад, озера Насера в Єгипті-Судані за рахунок нарощування Нижньої Асуанської греблі в 1907-1912 і 1929-1933 роках [6]).

Згідно до представленої в монографії [5] тези, при зміні місткості змінюється можливість водосховища регулювати витрати. Це положення можна пояснити, використавши рівняння водного балансу (1), прийнявши за вхідні умови $Q_{in} = \text{const}$, $\Delta V = \text{var}$, де const – постійна (величина), var – змінна.

Мета статті. Дослідження впливу змін місткості водосховища на його водний баланс.

Викладення основного матеріалу. Представимо ієрархію характерних об'ємів водосховищ наступною нерівністю:

$$0 < V_{DS} < V_{US} < V_{max}, \quad (2)$$

де V_{DS} – мертвий об'єм, який в нормальних умовах не використовується для регулювання стоку [7]; V_{US} – «нормальний» об'єм, який може підтримуватися в нормальних умовах експлуатації [7]; V_{max} – місткість водосховища (найбільший об'єм води, який може вмістити водосховище [8]); він же – форсований об'єм, який тимчасово допускається у верхньому б'єфі в особливих умовах експлуатації при пропуску паводків малої забезпеченості (рідкісної повторюваності) [7]; він же – катастрофічний об'єм (неприпустимий до застосування, проте показовий, термін згідно ГОСТ 19185-73 "Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения").

На рис. 3 показано схему зменшення характерних об'ємів водосховища при зменшенні його місткості за рахунок намулу Т.

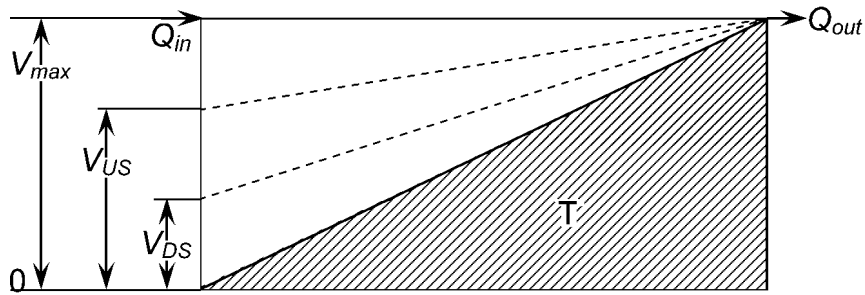


Рис. 3. Зменшення місткості водосховища за рахунок намулу

Однією з найважливіших функцій багатьох гідроенергетичних об'єктів є захист від повеней долини річки нижче гідровузла. Для цього в корисному об'ємі водосховища передбачається об'єм для регулювання паводків V_F (різниця між місткістю V_{max} і нормальним об'ємом V_{US}), який повинен бути спрацьований до сезону паводків. Так, у Асуанському водосховищі з місткості 134 км^3 для регулювання паводків призначено 44 км^3 (33%), у водосховищі ГЕС "Три ущелини" (Китай) для регулювання паводків призначено об'єм $22,2 \text{ км}^3$ (при місткості $39,3 \text{ км}^3$) [5].

Приймемо відношення об'єму для регулювання паводків до місткості за «чутливість» водосховища до інтенсивного збільшення рівня води (у відносних одиницях):

$$S = V_F / V_{max}, \quad (3)$$

Тоді збільшенню місткості (резервного об'єму) відповідатиме зниження чутливості (56% водосховища ГЕС "Три ущелини" проти 33% Асуанського водосховища).

Результатом перевищення можливого максимуму накопиченої води є катастрофічне порушення водного балансу. Водосховище перестає виконувати одну із своїх функцій – утримання прибулого надлишку, який фактично проходить повз ложе, характеризуване формою Φ і розмірами Γ . Таким чином, необхідною і достатньою умовою непорушення водного балансу (застосовності формули (1)) є обмеження об'єму водосховища його можливим максимумом: $\Delta V \leq V_{max}(\Phi, \Gamma)$. Аналіз виявив варіативність місткостей водосховищ з плином часу: $\Delta V \leq V_{max}(t)$.

Висновки. Досліджено причини можливих змін місткості водосховища. Перевищення місткості викликає порушення водного балансу водосховища. Таким чином, визначено умову застосовності формули водного балансу – $\Delta V \leq V_{max}(\Phi, \Gamma, t)$. Умова не враховує перевищення місткості за рахунок льодового покриву.

Список літератури

1. Будз О. П. Гідрологія / О. П. Будз. – Рівне: НУВГП, 2008. – 168 с.
2. Караушев А. В. Теория и методы расчета речных наносов / А. В. Караушев. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 272 с.
3. Rogers J. D. Hoover Dam: Scientific Studies, Name Controversy, Tourist Attraction, and Contributions to Engineering / J. D. Rogers / Hoover Dam 75th Anniversary History Symposium, 21-22 October, 2010. – Las Vegas, 2010. – P. 216-248.
4. Третяк К. Р. Дослідження замулення Терезького водосховища / К. Р. Третяк, О. Ломпас // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2010. – Вип. 73. – С. 61-68.
5. Гидроэнергетика и окружающая среда / Под. общ. ред. Ю. Ландау, Л. Сирено. – К.: Либра, 2004. – 484 с.
6. Woldetsadik T. K. International Watercourses Law in the Nile River Basin: Three States at a Crossroads. – USA, Canada: Routledge, 2013. – 320 p.
7. CO 34.21.308-

2005. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2005. 8. ДСТУ 3517-97. Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять.

Водний баланс водосховищ змінної місткості

Анахов П. В., Анахов С. П.

Непередбачені порушення водного балансу обертаються гідрологічними катастрофами. Теорія водосховищ не враховує внутрішніх чинників варіацій водного балансу, які визначають зміни їх місткості. Скорочення місткості приводить до дефіциту протиаводкової резервної ємності – зростає «чутливість» водосховища до інтенсивного збільшення рівня води.

Ключові слова: місткість водосховища; об'єм водосховища; чутливість водосховища до паводків.

Водный баланс водохранилищ переменной вместимости

Анахов П. В., Анахов С. П.

Непредвиденные нарушения водного баланса обращаются гидрологическими катастрофами. Теория водохранилищ не учитывает факторов вариаций водного баланса, которые определяют изменения их вместимости. Сокращение вместимости приводит к дефициту противопаводковой резервной емкости – возрастает «чувствительность» водохранилища к интенсивному увеличению уровня воды.

Ключевые слова: вместимость водохранилища; объем водохранилища; чувствительность водохранилища к паводкам.

Water balance of reservoirs of variable capacity

Anakhov P. V., Anakhov S. P.

Unexpected disturbances of water balance turn into hydrological disasters. Theory of reservoirs does not take into account factors of water balance variations that determine the changes of their capacity. Reduced capacity leads to deficiency of flood reserve capacity – increases the "sensitivity" of reservoir to intensive increase of water level.

Keywords: capacity of reservoir; volume of reservoir; sensitivity of reservoir to floods.

Надійшла до редколегії 06.10.2015